



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Gebrauchsmuster**  
⑩ **DE 297 05 635 U 1**

⑤ Int. Cl. 6:  
**F 15 B 13/043**

⑰ Aktenzeichen:	297 05 635.2
⑳ Anmeldetag:	2. 4. 97
㉑ Eintragungstag:	6. 8. 98
㉒ Bekanntmachung im Patentblatt:	17. 9. 98

⑬ Inhaber:  
Voith Turbo GmbH & Co. KG, 89522 Heidenheim,  
DE

⑭ Vertreter:  
Weitzel, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 89522  
Heidenheim

② Ventileinrichtung, insbesondere kombinierte Proportional-Wegeventileinrichtung

**DE 297 05 635 U 1**



## Ventileinrichtung, insbesondere kombinierte Proportional-Wegeventileinrichtung

5

Die Erfindung betrifft eine Ventileinrichtung, insbesondere eine Kombination der Funktionen eines Proportional- und eines Wegeventils, im einzelnen mit den Merkmalen aus dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

10

Proportionalventile, auch Stetigventile genannt, sowie Wegeventile sind in einer Vielzahl von Ausführungen und für unterschiedliche Einsatzzwecke bekannt. Bei Wegeventilen handelt es sich dabei um Richtungsventile, deren Ventilkolben, welche auch als Steuerkolben bezeichnet werden, in

15

unterschiedliche Verbindungen, d.h. Wege, der angeschlossenen Leitungen zur Betriebsmittelführung hergestellt werden können. Damit wird eine Änderung der Durchflußrichtung eines Volumenstromes bewirkt. Diese Ventile werden durch die Nennweite, den Nenndruck und die möglichen Wegevarianten gekennzeichnet. Die Hauptbaugruppe eines Wegeventils bildet

20

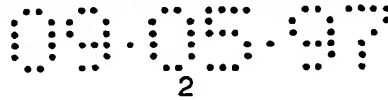
dabei die Steuereinheit. Diese enthält in einem Ventil- bzw. Steuergehäuse den Ventilkolben, der die Richtungsänderungen des Volumenstroms bewirkt. Zur Betätigung des Ventilkolbens ist diesem an wenigstens einer der beiden Stirnseiten eine Stelleinrichtung zum Aufbringen der Betätigungskraft zugeordnet. Eine häufig eingesetzte Variante ist dabei das sogenannte

25

Schieberventil, wobei der Ventilschluß durch Überdeckung, hervorgerufen durch das Auf- oder Ineinandergleiten der einzelnen Ventileile, insbesondere des Ventilkolbens im Ventilgehäuse, hervorgerufen wird. Je nach Bau- und Bewegungsart der Ventilkolben werden diese Ventile in Drehschieberventile, Längsschieberventile und Längsdrehschieberventile eingeteilt. Eine

30

entsprechende Klassifizierung der Steuer- bzw. Ventileinheiten erfolgt immer



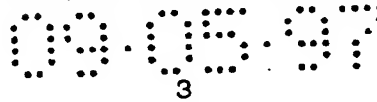
nach der Anzahl der Anschlüsse, d.h. der möglichen Leitungen, und nach der Anzahl der möglichen Schaltstellungen.

Besonderen Einfluß auf die Genauigkeit der Schaltvorgänge haben die Steuerkanten des Ventilkolbens und die des Ventilgehäuses. Sie beeinflussen die Drosselung des Durchgangsquerschnittes und damit die Geschwindigkeit des Verbrauchers, in der Regel ein Arbeitsgerät. Durch entsprechende Formgebungen dieser Steuerkanten lassen sich durch Relativbewegung des Ventilkolbens gegenüber dem Ventilgehäuse unterschiedliche Durchflußcharakteristiken erzielen. Wegeventile weisen dabei eine bestimmte Anzahl von Schaltstellungen auf.

Als Proportionalwegeventil werden stetig verstellbare, vorzugsweise elektrisch stetig verstellbare Wegeventile bezeichnet, bei denen die Axialbewegung des Ventilkolbens direkt durch Lage geregelte oder durch Kraft gesteuerte, druckdichte Stelleinrichtungen proportional einem Sollwert erfolgt. Bei elektrisch stetig verstellbaren Wegeventilen sind die Stelleinrichtungen in Form von Steuermagneten ausgeführt, welche eine Axialbewegung des Ventilkolbens proportional zu einem elektrischen Sollwert ermöglichen. Der Ventilkolben kann in dem Ventilgehäuse stufenlos jede Stellung zwischen den zwei Endlagen beliebig lange einnehmen. Dies bringt besondere Vorteile bei der Steuerung und Regelung der Geschwindigkeit von hydraulischen Verbrauchern. Derartige Ventile sind beispielsweise

- 1) aus den Prospekten Mannesmann Rexrodt:  
RD 29 586/09.89  
RD 29 175/03.93 und
- 2) dem Prospekt der Herion-Werke KG - Fluidtechnik Nr. 7502263.0503.92 bekannt.

Die derartig gestalteten Proportionalventile haben den Nachteil, daß die Betätigungskraft, welche beispielsweise elektromagnetisch, hydraulisch, mechanisch oder anderweitig aufgebracht werden kann, so gewählt werden



muß, daß der maximal auftretende gewünschte Druck im dem Ventil  
nachgeordneten Verbraucher dauerhaft gehalten werden kann. Die Größe der  
Wirkfläche des Druckes bestimmt sich dabei aus dieser Forderung. Dies hat  
jedoch zur Folge, daß kleinere Drücke mit dementsprechend kleineren  
5 Betätigungskräften gesteuert werden müssen. Bei gewünschten kleineren  
Drücken müssen somit bei der Steuerung größere Druckstreuungen in Kauf  
genommen werden. Eine Vergrößerung des Bereiches der aufbringbaren Kraft  
hat in der Regel eine Vergrößerung der Stalleinrichtungen zur Folge,  
beispielsweise hat bei einer Ausführung einer Stalleinrichtung in Form eines  
10 Elektromagneten eine grundsätzliche Erhöhung der aufzubringenden  
Magnetkraft eine Vergrößerung der Magnetspule zur Folge, was jedoch einen  
erhöhten Platzbedarf bedingt. Des weiteren sind die Kosten größerer  
elektrischer Leiter höher und der Stromverbrauch nimmt zu. Im allgemeinen  
sind hinsichtlich des Anwendungsfalles auch Grenzen für die Größe der  
15 Ventileinrichtung und der Stalleinrichtung gesetzt, so daß eine genaue  
Einstellung des Druckes am Verbraucher nicht immer zu realisieren ist.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Ventileinrichtung der  
eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, daß die genannten  
20 Nachteile vermieden werden. Insbesondere sollen die Druckstreuungen bei  
möglichst geringen einzustellenden Drücken vermieden werden.  
Die Ventileinrichtung soll des weiteren für Einsatzfälle, an welche  
Anforderungen beispielsweise wie in einem Schaltgetriebe gestellt werden, bei  
welchen relativ geringe Drücke in einem Schaltelement möglichst genau  
25 gesteuert werden sollen, andererseits aber durch hohe Momente im  
Wandlerbetrieb eine hohe Übertragungsfähigkeit der Schaltelemente  
notwendig ist, geeignet sein. Die Ventileinrichtung soll dabei wenigstens in  
einem ersten Druckbereich (dem Proportionalbereich), welcher auch den  
Gesamtarbeitsbereich entsprechen kann, beispielsweise einer Größenordnung  
30 von 1 bis 5 bar, möglichst genau, d.h. unter Ausnutzung der maximal  
zulässigen Betätigungskraft, mit möglichst großen Betätigungskräften



4

proportional einer elektrischen Stromstärke gesteuert werden können.

Zusätzlich sollte das Ventil in einem zweiten höheren Druckbereich, beispielsweise von 6 bis 20 bar, dann als normales Wegeventil arbeiten, d.h. unabhängig vom vorhandenen Druckniveau im Verbraucher immer den vollen Druck übertragen. Die Ventileinrichtung soll möglichst exakt reproduzierbare Schaltvorgänge mit möglichst geringen Einflüssen von hydraulischen Klemmkraften und mechanischer Reibung ermöglichen können. Der konstruktive Aufwand und die Kosten sind dabei gering zu halten.

Die erfindungsgemäße Lösung ist durch die Merkmale des Anspruchs 1 gekennzeichnet. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Die Ventileinrichtung umfaßt neben einem Ventilgehäuse mit wenigstens einem Zulaufkanal und einem Ablaufkanal, einen, im Ventilgehäuse axial bewegbaren und Steuerkanten aufweisenden Ventilkolben zum Freigeben und Absperren der Verbindung der Querschnitte von Zulauf- und Ablaufkanal sowie eine Stelleinrichtung zur Beaufschlagung des Ventilkolbens mit einer Betätigungskraft. Erfindungsgemäß sind Mittel zur Erzeugung einer der Betätigungskraft über wenigstens einen Teil des Gesamtarbeitsbereiches der Ventileinrichtung in Abhängigkeit zum Druck im Ablaufkanal entgegengerichtete Kraft vorgesehen. In einem Druckbereich, welcher einen ersten Teil eines Gesamtarbeitsbereiches der Ventileinrichtung bestimmt, wobei dieser erste Teil auch dem Gesamtarbeitsbereich entsprechen kann, wird somit der mögliche Betätigungskraftbereich gegenüber dem Druckbereich am Verbraucher vergrößert, so daß eine feinfühligere Abstimmung zwischen dem einzustellenden Druck am Verbraucher und der Betätigungskraft möglich wird, d.h. einem bestimmten Druckbereich am Verbraucher bzw. im Ablaufkanal ist ein größerer Betätigungskraftbereich gegenüber einem konventionell ausgeführten Proportionalventil zuordenbar. Dies wird nach Verbringen des Ventilkolbens in eine Steuerposition durch die



Schaffung eines Gleichgewichtes zwischen der Betätigungskraft und einer Druckkraft, welche in Abhängigkeit des Druckes im Verbraucher auf eine bestimmte Fläche wirkt, die der Betätigungskraft entgegengesetzt gerichtet ist, erzielt.

5

Die Mittel umfassen dazu vorzugsweise einen, im Ventilkolben angeordneten und sich bis zu der von der Stelleinrichtung abgewandten Stirnseite erstreckenden Innenraum, einen im Innenraum angeordneten Ventilstift, wobei Ventilstift und Ventilkolben relativ gegeneinander bewegbar sind, einen, dem Ventilstift zugeordneten Anschlag, an welchem sich der Ventilstift abstützt, sowie einen Verbindungskanal zwischen dem Innenraum des Ventilkolbens und dem äußeren Umfang des Ventilkolbens, wobei die Mündung des Verbindungskanals am äußeren Umfang des Ventilkolbens derart angeordnet ist, daß dieser im genannten Teil des Gesamtarbeitsbereiches, dem Proportionalbereich mit dem Ablaufkanal korrespondiert.

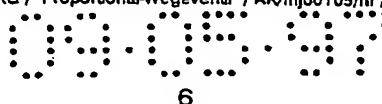
10  
15

Diese Ausführung ermöglicht es, das Verhältnis von Betätigungskräften zu Reibungskräften möglichst groß zu wählen. Die Reibungskräfte bestimmen sich hauptsächlich aus den Druckdifferenzen am Ventil, der Betriebsmittelverschmutzung, dem Ventildurchmesser oder sonstigen konstruktiven Merkmalen. Die Betätigungskräfte finden ihre Begrenzung hauptsächlich in der Größe der Stelleinheiten, insbesondere bei einem elektromagnetischen Antrieb in der Größe des Elektromagneten. Auch für geringe Bereiche der aufzubringenden Betätigungskräfte können geringe Druckwerte am Verbraucher bzw. dem mit dem Verbraucher gekoppelten Ablaufkanal eingestellt werden.

20  
25

Das erfindungsgemäß gestaltete Ventil wird vorzugsweise als kombinierte Proportional-Wegeventileinrichtung ausgeführt. Zur zusätzlichen Realisierung der Wegfunktion umfaßt die Ventileinrichtung des weiteren eine Einrichtung, welche die Größe der der Betätigungskraft entgegengerichteten Kraft begrenzt

30

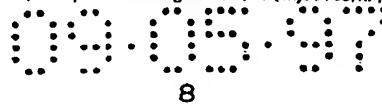


- und kompensiert. Diese Einrichtung ist in Form einer Energiespeichereinheit ausgeführt, welche dem Anschlag für den Ventilstift zugeordnet ist und dessen Abstützkraft für den Ventilstift hinsichtlich der Größe beschränkt. Überschreitet die Druckkraft, welche aus dem Druck in der Ablaufleitung und
- 5 der Stiftfläche bestimmt wird, die durch die Energiespeichereinheit aufbringbare Gegenkraft zur Abstützung des Ventilstiftes, fungiert der Anschlag nicht mehr als fester Anschlag sondern wird unter Krafteinwirkung durch den Ventilstift verschoben. Diese Verschiebung wird durch einen weiteren Anschlag zwischen Ventilstift und Ventilkolben begrenzt. Nach
- 10 Erzielen der Anschlagsposition des Ventilstiftes gegenüberdem Ventilkolben, d.h. der Ventilstift ist nicht mehr gegenüber dem Ventilkolben in Richtung der Druckkraft verschiebbar, wird der Ventilkolben dann nur noch entsprechend der aufgebrachten Betätigungskraft verschoben.
- 15 Erfindungsgemäß wird somit bei der Ventileinrichtung, wenigstens ein erster unterer Druckbereich am Verbraucher, welcher einen ersten Teil des Gesamtarbeitsbereiches der Ventileinrichtung bestimmt, mit annähernd maximal möglichen Betätigungskräften gesteuert, während in einem oberen Druckbereich, welcher einen weiteren zweiten Teil des
- 20 Gesamtarbeitsbereiches der Ventileinrichtung bestimmt, das Ventil als reines Wegeventil fungiert. Dies bedeutet für den zweiten Teil des Gesamtarbeitsbereiches, daß der im Ablaufkanal, welcher wenigstens mittelbar mit dem Verbraucher gekoppelt ist, herrschende Druck keinerlei Einfluß mehr auf die Funktion der Ventileinrichtung ausübt. Dadurch können
- 25 trotz kleiner Stellgrößen präzisere Steuervorgänge im ersten Teil des Gesamtarbeitsbereiches der Ventileinrichtung, d.h. dem unteren Druckbereich ermöglicht werden. Das Umschalten der Ventileinrichtung von der Proportionalfunktion auf die Wegfunktion geschieht automatisch als Funktion des Druckes im Verbraucher. Durch entsprechende geometrische und
- 30 kraftmäßige Auslegung der Ventileinrichtung kann der Umschaltpunkt festgelegt werden.



- Vorrichtungsmäßig weist dazu die Ventileinrichtung wenigstens ein Ventilgehäuse auf, welches eine zentrale Bohrung umfaßt, in der ein Ventilkolben in axialer Richtung bewegbar ist. Die zentrale Bohrung bildet mit dieser zugeordnete Kammer sogenannte Druckräume, welche entsprechend
- 5 der Stellung des Ventilkolbens in der zentralen Bohrung eine Verbindung zwischen einer Zulaufleitung und einer Ablaufleitung, vorzugsweise der Ablaufleitung, welche mit einem Verbraucher gekoppelt ist, ermöglicht. Der Ventilkolben weist des weiteren einen Innenraum auf, in welchem ein sogenannter Ventilstift axial bewegbar angeordnet ist. Dem Ventilstift ist in
- 10 Bewegungsrichtung ein Anschlag zugeordnet, welcher an einer Energiespeichereinheit abgestützt wird. Der Ventilstift bzw. dessen vom Anschlag weggewandte Stirnseite, die in den Innenraum des Ventilkolbens hineinragt, ist über einen Verbindungskanal, vorzugsweise in Form einer Verbindungsbohrung, vom Innenraum des Ventilkolbens bis zum äußeren
- 15 Umfang des Ventilkolbens, der sich im Proportionalarbeitsbereich im Bereich des Ablaufes befindet, mit dem Druck in der Ablaufleitung, d.h. der Verbindungsleitung zum Verbraucher, beaufschlagt. Das Ventil ist derart konzipiert, daß in einer ersten Endstellung die Verbindung zwischen dem Zulauf und dem Ablauf, d.h. der Verbindungsleitung zum Verbraucher,
- 20 gesperrt ist.
- Eine Verstellbarkeit des Ventilkolbens im Ventilgehäuse erfolgt mittels einer Stelleinrichtung. Diese Stelleinrichtung ist vorzugsweise in Form einer elektromagnetischen Stelleinrichtung, d.h. eines Elektromagneten, ausgeführt.
- 25 Andere Möglichkeiten sind ebenfalls denkbar, beispielsweise eine elektrohydraulische oder eine mechanische Verstelleinrichtung. Bei gewünschter stufenloser Verstellung wird von seiten der Stelleinrichtung der Ventilkolben mit einer Betätigungskraft  $F_{\text{Betätigung}}$  beaufschlagt. Dabei wird eine Verbindung zwischen den Druckräumen, die von der mit der zentralen
- 30 Bohrung verbundenen Kammer und dem Einlauf sowie der zentralen Bohrung und einer Kammer am Ablauf gebildet werden, hergestellt. Das Betriebsmittel





kann somit vom Zulauf zum Verbraucher abfließen. Gleichzeitig stellt sich über die Verbindungsbohrung zwischen Innenraum und äußerem Umfang des Ventilkolbens bei Position im Bereich des Ablaufes ein Druck ein, der auf die Stirnfläche des Ventilstiftes wirkt und am Anschlag im Ventilgehäuse  
5 abgestützt wird. Dabei wird ein Gleichgewichtszustand hergestellt, das bedeutet die Betätigungskraft entspricht der Druckkraft, welche sich aus Verbraucherdruck auf die Ventilstiftfläche ergibt. Bei Vorsehung einer weiteren Energiespeichereinheit zwischen Ventilkolben und Ventilstift im Innenraum des Ventilkolbens summiert sich die dadurch aufgebrachte Kraft mit der  
10 Druckkraft.

Der Ventilstift stützt sich an der dem Anschlag zugeordneten Energiespeichereinheit ab. Die von der Energiespeichereinheit aufgebrachte Kraft entspricht dabei vorzugsweise der Kraft des Ventilstiftes bei maximal  
15 gewünschtem proportionalen Druck, so daß im gesamten Proportionalbereich keine Veränderung der Kraft der Energiespeichereinheit bzw. der Lage des Anschlages stattfindet. Als unmittelbare Stellgröße für den einzustellenden maximal gewünschten proportionalen Druck ergibt sich somit die Vorspannkraft durch die Energiespeichereinheit. Erst wenn der eingesteuerte  
20 Druck im Verbraucher, d.h. im Ablauf, im Innenraum eine Kraft auf den Ventilstift erzeugt, welche höher ist als die der dem Anschlag zugeordneten Energiespeichereinheit, drückt der Ventilstift die Energiespeichereinheit zusammen, bis er mit wenigstens einem, an seinem Umfang ausgebildeten Vorsprung am Anschlag am Ventilkolben zur Anlage kommt. Sobald dieser  
25 Zustand erreicht wird, kann sich der Druck im Verbraucher nicht mehr auf das Ventil auswirken. Die Lage des Ventilkolbens bestimmt sich dann nur noch allein aufgrund der äußeren Kräfte von Stelleinheit und Energiespeichereinheit wie bei einem Wegeventil.

30 Für den Einsatz einer erfindungsgemäßen Ventileinrichtung mit beiden Funktionen - Proportional- und Wegefunktion - in einem Automatgetriebe

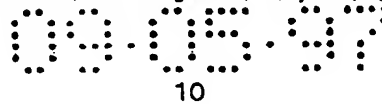


kann der Schaltdruck dabei derart ausgelegt werden, daß beispielsweise alle Schaltvorgänge im proportionalen Bereich liegen und der obere Druckbereich lediglich der Momentenübertragung dient.

5        Wesentliche Vorteile einer derartig gestalteten Ventileinrichtung bestehen darin, daß neben einer feinstufigeren Druckeinstellung eine universelle Verwendung ermöglicht werden kann, wobei mehrere Anforderungen mit optimaler Baugröße von einer Ventileinrichtung erfüllt werden können. Dies  
10        wären eine feinstufige Abstimmung von Betätigungskräften und Enddruck am Verbraucher bei geringer Größe des Druckes und die Bereitstellung und sicheres Halten eines hohen Druckes am Verbraucher.

15        Die Energiespeichereinheiten sind vorzugsweise in Form von Druckspeichereinheiten, beispielsweise einzelnen Druckfedern oder Federpaketen ausgeführt. Denkbar ist auch die Verwendung elastischer Membranen.

20        Die Ventileinrichtung kann unter Verzicht auf die Energiespeichereinheit am Anschlag als reines Proportionalventil betrieben werden oder aber bei Auslegung der Energiespeichereinheit derart, daß die Betätigungskraft sofort zum Verschieben des Ventilkolbens in eine Endlage führt, was bei einer geringen Vorspannkraft der Energiespeichereinheit ermöglicht wird, als reines  
25        Wegeventil betrieben werden. Eine geringe Vorspannkraft der Energiespeichereinheit ergibt einen kleinen Proportionalbereich, eine große Vorspannkraft der Energiespeichereinheit ergibt einen großen Proportionalbereich. Dies ermöglicht es, eine kompakte Ventilgrundbaueinheit gemäß Anspruch 11 zu schaffen, welche durch geringfügige Modifikationen mühelos an unterschiedliche Anforderungan angepaßt werden kann, wobei  
30        die einzelnen Komponenten auch als Austauschkomponeten ausgeführt werden können.



Die erfindungsgemäß gestaltete Ventileinrichtung kann jede Art von Stelleinrichtung umfassen, d.h. der Einsatz elektromagnetisch, mechanisch, hydraulisch oder anderweitig betreibbarer Stelleinrichtungen ist denkbar.

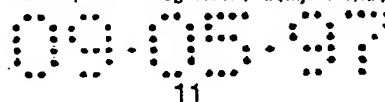
5 Die erfindungsgemäße Lösung ist nachfolgend anhand von Figuren erläutert.  
Darin ist folgendes dargestellt:

Fig. 1a und 1b verdeutlichen anhand einer Darstellung in zwei Betriebszuständen eine erfindungsgemäße Ausführung einer Ventileinrichtung;

10 Fig. 2 zeigt im Vergleich die Kennlinien eines konventionellen Proportionalventiles und eines erfindungsgemäß gestalteten kombinierten Proportional- Wegeventils anhand eines Diagrammes für die Abhängigkeit des einzustellenden Druckes im Verbraucher von der Größe der Magnetkraft;

15 Fig. 3 verdeutlicht anhand eines Diagrammes die Abhängigkeit der Magnetkraft vom Magnethub bei Ausführung der Stelleinrichtung als elektromagnetische Stelleinrichtung.

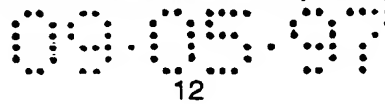
20 Die Figur 1 verdeutlicht in vereinfachter Darstellung anhand eines Ausschnittes aus einer Ventileinrichtung den Aufbau und die Funktionsweise eines erfindungsgemäß gestalteten Proportional-Wegeventils 1. Dieses wird in einer bevorzugten Ausführung elektromagnetisch angesteuert. Zu diesem Zweck ist ein Elektromagnet 2 vorgesehen. Das Proportional-Wegeventil 1 umfaßt einen Ventilkörper 3, welcher eine zentrale Bohrung 4 umfaßt, in  
25 welcher ein Ventilkolben 5 in axialer Richtung bewegbar angeordnet ist. Der zentralen Bohrung 4 sind eine Vielzahl von Anschlüssen, mindestens jedoch zwei, zugeordnet. Dieses sind hier in Form von Verbindungskanälen 6, 7 und 8 dargestellt, welche sich vom äußeren Umfang des Ventilkolbens 5 vorzugsweise in radialer Richtung bis zur zentralen Bohrung 4 erstrecken.  
30 Dabei fungiert der Verbindungskanal 6 als Zulaufkanal und der Verbindungskanal 7 als Ablaufkanal. Die Verbindungskanäle 6, 7 und 8



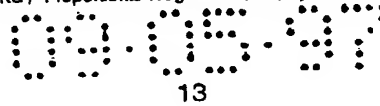
münden in die zentrale Bohrung 4, welche im Bereich der Kanäle zusätzliche Kammern, hier 9, 10 und 11, aufweist, die mit der zentralen Bohrung 4 verbunden sind, sich in Umfangsrichtung erstrecken und einen größeren Durchmesser D als die zentrale Bohrung 4 aufweisen. Diese in das Ventilgehäuse 3 eingearbeiteten Kammern 9, 10 und 11 bilden mit der zentralen Bohrung 4 die Steuerkanten des Ventilgehäuses 3.

Der Ventilkolben 5 weist im dargestellten Fall über seine axiale Länge I unterschiedliche Abmessungen in radialer Richtung auf. Im dargestellten Fall sind zwei Bereiche geringeren Durchmessers d, hier mit 12 und 13 bezeichnet, vorgesehen. Der Wechsel zwischen den Bereichen größeren und geringeren Durchmessers d führt zur Ausbildung der Steuerkanten 14, 15 und 16 am Ventilkolben 5. Die Steuerkanten 14, 15 und 16 des Ventilkolbens 5 und die Steuerkanten des Ventilgehäuses 3 haben einen besonderen Einfluß auf die Genauigkeit der Steuervorgänge. Diese beeinflussen die Drosselung der Durchgangsquerschnitte und damit die Geschwindigkeit der Arbeitsgeräte bzw. der der Ventileinrichtung in Form eines Proportional-Wegeventils 1 nachgeordneten Verbraucher. Die Kammern 9, 10 und 11 bilden dabei mit der zentralen Bohrung 4 und der äußeren Kontur des Ventilkolbens 5 veränderliche Druckräume. Durch entsprechende Formgebung der einzelnen Steuerkanten werden unterschiedliche Durchflußcharakteristiken erzielt.

Im dargestellten Fall ist eine Ventileinrichtung 1 mit drei Anschlüssen dargestellt. Der Verbindungskanal 6 dient dabei der Verbindung zwischen dem von der Kammer 9 und der zentralen Bohrung 4 gebildeten Druckraum wenigstens mittelbar mit einer Druckmittelversorgungsquelle. Der Verbindungskanal 7 dient zur Verbindung des von der Kammer 10 und der zentralen Bohrung 4 gebildeten Druckraumes mit einem hier im einzelnen nicht dargestellten Verbraucher.



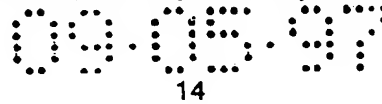
- Der Ventilkolben 5 weist einen Innenraum 20 auf, welcher sich in axialer Richtung in Richtung des Ventilkolbens 5 bis zu dessen Stirnseite 22 erstreckt. In diesem Innenraum 20 ist ein in axialer Richtung bewegbarer Ventilstift 21 angeordnet. Der Ventilstift 21 kann dabei unterschiedliche
- 5 Stellungen einnehmen, insbesondere kann dieser vollständig im Ventilkolben 5 integriert werden oder aber aus dem Ventilkolben 5 herausragen, d.h. er erstreckt sich in axialer Richtung über die Stirnseite 22 des Ventilkolbens 5. Damit der Ventilstift 21 nicht aus dem Innenraum 20 des Ventilkolbens 5 hinausrutscht, ist dieser im Bereich seiner von der Stirnseite 22 des
- 10 Ventilkolbens 5 gegenüberliegenden und wegweisenden Stirnseite 23 mit einem Vorsprung versehen. Dieser Vorsprung kann entweder als separates, dem Ventilstift 21 zugeordnetes Bauteil ausgeführt sein, beispielsweise in Form eines Aufsteck-, Preß- oder schraubbaren Elementes, vorzugsweise in Form eines Ringes oder der Ventilstift 21 kann derart ausgebildet werden, daß
- 15 dieser als einteiliges Bauteil mit entsprechendem Vorsprung ausgeführt wird. Dabei ist wenigstens ein sich in Umfangsrichtung erstreckender Vorsprung vorgesehen oder aber eine Vielzahl von in bestimmten Abständen in Umfangsrichtung angeordneten Vorsprüngen.
- 20 Des weiteren ist der Innenraum 20 in zwei Bereiche unterschiedlichen Durchmessers unterteilt - einen ersten Bereich größeren Durchmessers, hier mit 24 bezeichnet, und einen zweiten Bereich geringeren Durchmessers, hier mit 26 bezeichnet. Der Bereich geringeren Durchmessers 26 dient dabei der Aufnahme und Führung des Ventilstiftes 21. Im Bereich größeren
- 25 Durchmessers 25 ist eine Energiespeichereinheit 27 in Form einer Druckfeder angeordnet.
- Auf der der Stellerichtung, hier dem Elektromagneten 2, abgewandten Stirnseite 22 des Ventilkolbens 5 ist im sich daran anschließenden Bereich der
- 30 zentralen Bohrung 4 ein axial bewegbarer Anschlag 28 vorgesehen, an welchem die Stirnfläche oder wenigstens ein Teil der Stirnfläche 30 des



Ventilstiftes 21 angreift, wobei der Anschlag 28 sich an einer  
Energiespeichereinheit 31, hier einer Druckfedereinrichtung abstützt.

Die vorliegende Ausführung weist zwei Grenzstellungen auf. Die erste  
5 Grenzstellung ist in der Figur 1a dargestellt. In diesem, stromlosen Zustand,  
ist der mit dem Verbindungskanal 7, dem Ablaufkanal, wenigstens mittelbar  
koppelbare Verbraucher entlastet und die Druckzufuhr über den  
Verbindungskanal 6 als Zuführkanal gesperrt. Dies wird dadurch bewirkt, daß  
10 die Steuerkanten 14 bis 16 den Druckraum, welcher von der Kammer 9 und  
der zentralen Bohrung 4 gebildet wird, nicht mit dem entsprechenden  
Druckraum, welcher mit dem Verbraucher koppelbar ist, verbindet. Der  
Ablaufkanal, d.h. die Verbindungsleitung 7 zum Verbraucher ist gesperrt.

In der Figur 1b ist das erfindungsgemäße Proportional-Wegeventil 1 in einer  
15 Schaltstellung dargestellt, in welcher es als sogenanntes Proportionalventil  
arbeitet. Die einen Elektromagneten 2 umfassende Stelleinrichtung umfaßt  
wenigstens einen Leiter, beispielsweise in Form einer Spule, der dem  
Elektromagneten 2 zugeordnet ist und welcher von einem Strom mit der  
Stromstärke I durchflossen wird. Dieser Stromstärkewert I entspricht dabei  
20 einem einzustellenden Sollwert für einen gewünschten am Verbraucher  
anliegenden und einzustellenden Druckwertes. Die Vorgabe des gewünschten  
einzustellenden Druckwertes am Verbraucher, der auch als Stelldruck  $W_{pASoll}$   
bezeichnet wird, kann dabei durch einfache Berechnung oder einfache  
Zuordnung über in einer Speichereinheit abgelegte Kennlinien oder Tabellen  
25 erfolgen. Die nachfolgend beschriebene Möglichkeit ist nicht in der Figur  
dargestellt und ist nur eine von vielen. Die Druckeinstellung bzw.  
Druckregelung über die Ventileinrichtung 1 erfolgt dabei beispielsweise in  
einem ersten, hier nicht dargestellten Regelkreis. Eingangsgrößen eines  
derartigen Regelkreises sind dabei ein gewünschter, sich am Ausgang, d.h. in  
30 der Ablaufleitung einstellender Stelldruck  $W_{pASoll}$ , sowie ein fortlaufend aktuell  
ermittelter Istwert des Stelldruckes in der Ausgangsleitung  $p_{A\ Ist}$ . Die



Ventileinrichtung 1 fungiert dabei als Stellglied zur Einstellung dieses  
Stelldruckes. Die Stellgröße zur Beeinflussung dieses Stellgliedes ist im  
vorliegenden Fall die die Position des Ventilkolbens 5 beeinflussende Größe  
der Magnetkraft  $F_{\text{Magnet}}$ . Die Magnetkraft  $F_{\text{Magnet}}$  entspricht der erforderlichen  
5 Betätigungskraft für die Verschiebung des Ventilkolbens 5 der  
Ventileinrichtung 1 zur Freigabe der einzelnen Durchflußquerschnitte zwischen  
den Verbindungskanälen 6, 7 und 8. Die Einstellung der Magnetkraft  $F_{\text{Magnet}}$   
erfolgt dabei über einen weiteren Regelkreis, welcher dem Druckregelkreis  
unterlagert ist. Eingangsgröße dieses zweiten Regelkreises ist eine vom  
10 Druckregler gebildete Führungsgröße für die Magnetkraft  $F_{\text{Magnet Soll}}$ .  
Entsprechend der Größe der Magnetkraft  $F_{\text{Magnet}}$  wird der Ventilkolben in  
axialer Richtung relativ zum Ventilstift 21 verschoben, wobei die Druckräume,  
welche von der Kammer 9 und der zentralen Bohrung 4 bzw. der Kammer 10  
und der zentralen Bohrung 4 gebildet werden, miteinander verbunden werden  
15 und über diese Verbindung der Druckräume eine Verbindung zwischen dem  
Zulauf 6 und dem mit dem Verbraucher gekoppelten Verbindungskanal 7  
ermöglicht. Über die Verbindung zwischen den Druckräumen, welche von der  
Kammer bzw. 10 und der zentralen Bohrung 4 gebildet werden, stellt sich im  
Verbindungskanal 7 ein bestimmter Druck  $p_{\text{ist}}$  ein. Dieser Druck pflanzt sich  
20 über eine Verbindungsbohrung 36, die sich vom Umfang 35 des Ventilkolbens  
21 in radialer Richtung in Richtung des Innenraumes 20 erstreckt, bis in den  
Innenraum 20 fort. Dieser Druck beaufschlagt im Innenraum 20 die von der  
Stirnseite 23 gebildete Fläche des Ventilstiftes 21. Dabei herrscht immer ein  
Gleichgewichtszustand, d.h. die Betätigungskraft in Form der Magnetkraft  
25  $F_{\text{Magnet}}$  entspricht immer der von der Energiespeichereinheit 25 aufgebrachten  
Kraft plus der Druckkraft  $F_{\text{Druck}}$ , welche sich aus dem Verbraucherdruck  $p_{\text{ist}}$   
und der Fläche A des Ventilstiftes im Bereich der Stirnseite 23 ergibt. Der  
Ventilstift 21 stützt sich dabei an der vorgespannten Energiespeichereinheit 31  
in Form einer als Druckfeder ausgeführten Federeinheit ab. Die Vorspannung  
30 der Federeinheit entspricht dabei der Kraft des Ventilstiftes 21 bei maximal



gewünschtem proportionalem Druck, so daß im gesamten Proportionalbereich keine Veränderung an der Federeinheit stattfindet.

5 Sobald der eingestellte Druck  $p_{ist}$  in dem mit dem Verbindungskanal 7  
wenigstens mittelbar gekoppelten Verbraucher eine Kraft auf dem Ventilstift  
21, insbesondere der Fläche A an der Stirnseite 23 des Ventilstiftes 21  
erzeugt, welche höher ist als die Kraft der vorgespannten Federeinheit 31,  
drückt der Ventilstift 21 die Federeinheit 31, insbesondere das Federpaket  
zusammen, bis er mit seiner Schulter S bzw. dem Anschlag im Bereich seines  
10 Endes im Ventilkolben 5 zum Anliegen kommt. Sobald dieser Zustand erreicht  
ist, kann sich der Druck im Verbraucher bzw. der Verbindungsleitung, welche  
mit dem Verbindungskanal 7 und dem Verbraucher gekoppelt ist, nicht mehr  
auf die Ventileinrichtung 1 auswirken. Die Lage des Ventilkolbens 5 bestimmt  
sich nunmehr allein aufgrund der äußeren Kräfte von Magnet, insbesondere  
15 des Elektromagneten 2 und der Energiespeichereinheit 31, insbesondere der  
Federeinheit wie bei einem Wegeventil.

Der Ventilkolben 5 geht nun bei weiterem geringfügigen Ansteigen der  
Magnetkraft  $F_{Magnet}$  in axialer Richtung bis zum Anschlag 28 und gibt den  
20 ungedrosselten Weg des Betriebsmittels, insbesondere des Öls zum  
Verbraucher frei.

Durch das Vorsehen eines Ventilstiftes 21, welcher vom Druck in der  
Verbindungsleitung 7 beaufschlagt wird, wird der Betätigungskraft auf den  
25 Ventilkolben 5 im Proportionalbereich immer eine Gegenkraft zugeordnet,  
welche bewirkt, daß am Ventilkolben 5 geringere Betätigungskräfte wirksam  
werden müssen um eine Verschiebung in axialer Richtung zu ermöglichen als  
bei einer Lösung ohne Ventilstift mit direktem Angriff der Betätigungskraft auf  
den Ventilkolben.

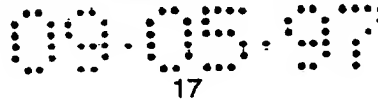
30





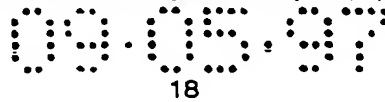
Die Figur 2 verdeutlicht schematisch das Kennfeld eines erfindungsgemäßen Proportional-Wegeventils in einem Diagramm, welches die Abhängigkeit des Ausgangsdruckes bzw. des für den Verbraucher bereitgestellten Druckes im Kanal 7 von der Magnetkraft  $F_{\text{Magnet}}$  wiedergibt. Zu diesem Zweck ist im Koordinatensystem die Magnetkraft  $F_{\text{Magnet}}$  in X-Richtung und der Ausgangsdruck  $p_{\text{ist}}$  in Y-Richtung abgetragen. Zum Vergleich ist mit I die Kennlinie eines herkömmlichen Proportionalventils eingezeichnet. Daraus ist ersichtlich, daß sich der Druck  $p_{\text{ist}}$  in Abhängigkeit der Magnetkraft  $F_{\text{Magnet}}$  linear ändert. Die erfindungsgemäße Lösung ermöglicht es demgegenüber, wie auch in der Kennlinie II dargestellt, den proportionalen Bereich breiter zu gestalten, d.h. den Anstieg der Kennlinie geringer zu halten, wobei sich an den proportionalen Bereich der sogenannte Wegbereich anschließt, indem keine Druckbegrenzung erfolgt. Diese Verbreiterung des proportionalen Bereiches über einen größeren Magnetkraftbereich  $F_{\text{Magnet}}$  ermöglicht es, den am Verbraucher einzustellenden Druck feiner entsprechend der aufgebrachten Magnetkraft  $F_{\text{Magnet}}$  abzustimmen.

Die Figur 3 verdeutlicht die Abhängigkeit der auftretenden Magnetkraft  $F_{\text{Magnet}}$ , welche gleichzeitig die Betätigungskraft für die Ventileinrichtung 1 darstellt, vom Magnethub. Daraus wird ersichtlich, daß sich in einem Bereich, welcher hier mit B1 bezeichnet wird, lediglich der Ventilkolben 5 in axialer Richtung verschiebt, während in einem Bereich des Magnethubes B2 eine Bewegung des Ventilstiftes 21 in axialer Richtung erfolgt. Dabei ist der Proportionalbereich, welcher hier mit  $B_{\text{proportional}}$  bezeichnet wird, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl der Ventilkolben 5 und im Anschluß daran der Ventilstift 21 in axialer Richtung verschoben werden. Der Wegbereich  $P_{\text{Weg}}$  ist nur durch eine Bewegung des Ventilstiftes 21 in axialer Richtung charakterisiert.



## Ansprüche

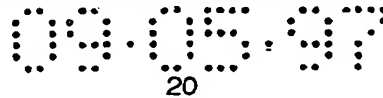
1. Ventileinrichtung
- 5 1.1 mit einem Ventilgehäuse mit wenigstens einem Zulaufkanal und einem Ablaufkanal;
- 1.2 mit einem, im Ventilgehäuse axial bewegbaren und Steuerkanten aufweisenden Ventilkolben zum Freigeben und Absperren der Verbindung der Querschnitte von Zulauf- und Ablaufkanal;
- 10 1.3 mit einer Stelleinrichtung zur Beaufschlagung des Ventilkolbens mit einer Betätigungskraft;  
gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
  - 1.4 es sind Mittel zur Erzeugung einer der Betätigungskraft über wenigstens einen Teil (Proportionalbereich) des
  - 15 Gesamtarbeitsbereiches der Ventileinrichtung in Abhängigkeit zum Druck im Ablaufkanal entgegengerichtete Kraft vorgesehen.
2. Ventileinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die
- 20 Mittel eine direkt proportional zum Druck im Ablaufkanal ausgebildete und entgegengerichtete Kraft erzeugen.
3. Ventileinrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
  - 3.1 die Mittel umfassen:
    - 25 3.1.1 einen, im Ventilkolben angeordneten und sich bis zu dessen von der Stelleinrichtung abgewandten Stirnseite erstreckenden Innenraum;
    - 3.1.2 einen, wenigstens zum Teil im Innenraum angeordneten Ventilstift, wobei Ventilstift und Ventilkolben relativ
    - 30 gegeneinander in axialer Richtung bewegbar sind;
    - 3.1.3 einen, dem Ventilstift im Ventilgehäuse zugeordneten Anschlag;



- 5 3.1.4 einen Verbindungskanal zwischen dem Innenraum des Ventilkolbens und dem äußeren Umfang des Ventilkolbens, wobei die Mündung des Verbindungskanales am äußeren Umfang des Ventilkolbens derart angeordnet ist, daß diese im Proportionalbereich mit dem Ablaufkanal wenigstens mittelbar in Verbindung steht.
- 10 3. Ventileinrichtung nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
- 15 3.1 im Innenraum des Ventilkolbens ist eine erste Energiespeichereinrichtung zur Erzeugung einer weiteren zur Betätigungskraft entgegengerichteten zweiten Kraft angeordnet;
- 3.2 die erste Energiespeichereinrichtung ist zwischen der Innenwand des Innenraum und dem Ventilstift zur Erzeugung einer weiteren zur Betätigungskraft entgegengerichteten zweiten Kraft.
- 20 4. Ventileinrichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 3 gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
- 4.1 die Mittel umfassen des weiteren eine, dem Anschlag im Ventilgehäuse und dem Ventilstift zugeordnete weitere zweite Energiespeichereinrichtung zur wenigstens mittelbaren Abstützung des Ventilstiftes;
- 25 4.2 der Ventilstift weist in seinem, im Inneraum angeordneten Bereich am Umfang wenigstens einen Vorsprung auf, welchem ein Anschlag am Ventilgehäuse zugeordnet ist.
- 30 5. Ventileinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und/oder zweite Energiespeichereinheit Druckfedereinheiten umfassen.



6. Ventileinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und/oder zweite Energiespeichereinheit elastische Membranen umfassen.
- 5 7. Ventileinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilstift und der Innenraum des Ventilkolben einen kreisrunden Querschnitt aufweisen.
- 10 8. Ventileinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Stelleinrichtung als elektromagnetische Stelleinrichtung, umfassend einen Elektromagneten mit zugeordnetem Leiter, ausgeführt ist.
- 15 9. Ventileinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Stelleinrichtung als elektromechanische Stelleinrichtung ausgeführt ist.
- 20 10. Ventileinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Stelleinrichtung als hydraulische Stelleinrichtung ausgeführt ist.
- 25 11. Ventilgrundbaueinheit
  - 11.1 mit einem Ventilgehäuse mit wenigstens einem Zulaufkanal und einem Ablaufkanal;
  - 11.2 mit einem, im Ventilgehäuse axial bewegbaren und Steuerkanten aufweisenden Ventilkolben zum Freigeben und Absperren der Verbindung der Querschnitte von Zulauf- und Ablaufkanal;
  - 11.3 mit einer Stelleinrichtung zur Beaufschlagung des Ventilkolbens mit einer Betätigungskraft;
- 30 gekennzeichnet durch folgende Merkmale:



- 5            11.4    mit einem, im Ventilkolben angeordneten und sich bis zu dessen von  
                 der Stelleinrichtung abgewandten Stirnseite erstreckenden Innenraum;  
                 11.5    mit einem, wenigstens zum Teil im Innenraum angeordneten Ventilstift,  
                 wobei Ventilstift und Ventilkolben relativ gegeneinander in axialer  
10            Richtung bewegbar sind;  
                 11.6    mit einem Verbindungskanal zwischen dem Innenraum des Ventilkolbens  
                 und dem äußeren Umfang des Ventilkolbens, wobei die Mündung des  
                 Verbindungskanals am äußeren Umfang des Ventilkolbens derart  
                 angeordnet ist, daß diese im Proportionalbereich mit dem Ablaufkanal  
15            wenigstens mittelbar in Verbindung steht;  
                 11.7    mit einem, dem Ventilstift im Ventilgehäuse zugeordneten Anschlag;  
                 11.8    der Ventilstift weist in seinem, im Inneraum angeordneten Bereich am  
                 Umfang wenigstens einen Vorsprung auf, welchem ein Anschlag am  
                 Ventilgehäuse zugeordnet ist;  
20            11.9    mit einem Verbindungskanal zwischen dem Innenraum des Ventilkolbens  
                 und dem äußeren Umfang des Ventilkolbens, wobei die Mündung des  
                 Verbindungskanals am äußeren Umfang des Ventilkolbens derart  
                 angeordnet ist, daß diese im Proportionalbereich mit dem Ablaufkanal  
                 wenigstens mittelbar in Verbindung steht.  
25            12.    Ventilgrundbaueinheit nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch das  
                 folgenden Merkmal:  
                 12.1    mit einer, dem Anschlag im Ventilgehäuse und dem Ventilstift  
                 zugeordnete Energiespeichereinrichtung zur wenigstens mittelbaren  
30            Abstützung des Ventilstiftes.  
                 13.    Ventilgrundbaueinheit nach einem der Ansprüche 11 oder 12  
                 gekennzeichnet durch folgende Merkmale:  
                 13.1    im Innenraum des Ventilkolbens ist eine weitere  
                 Energiespeichereinrichtung zur Erzeugung einer weiteren zur  
                 Betätigungskraft entgegengerichteten zweiten Kraft angeordnet;

09.05.97  
21

13.2 die weitere Energiespeichereinrichtung ist zwischen der Innenwand des Innenraum und dem Ventilstift zur Erzeugung einer weiteren zur Betätigungskraft entgegengerichteten zweiten Kraft.

- 5            14. Ventilgrundbaueinheit nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Energiespeichereinrichtungen in Form von Druckfedereinheiten ausgeführt sind.
- 10           15. Ventilgrundbaueinheit nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Energiespeichereinrichtungen in Form von elastischen Membranen ausgeführt sind.
- 15           16. Ventilgrundbaueinheit nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die durch die dem Anschlag zugeordnete Energiespeichereinrichtung derart gewählt ist, daß in Einbaulage die erzeugbare Abstützkraft der Kraft des Ventilstiftes bei gewünschtem maximalen Proportionaldruck entspricht.

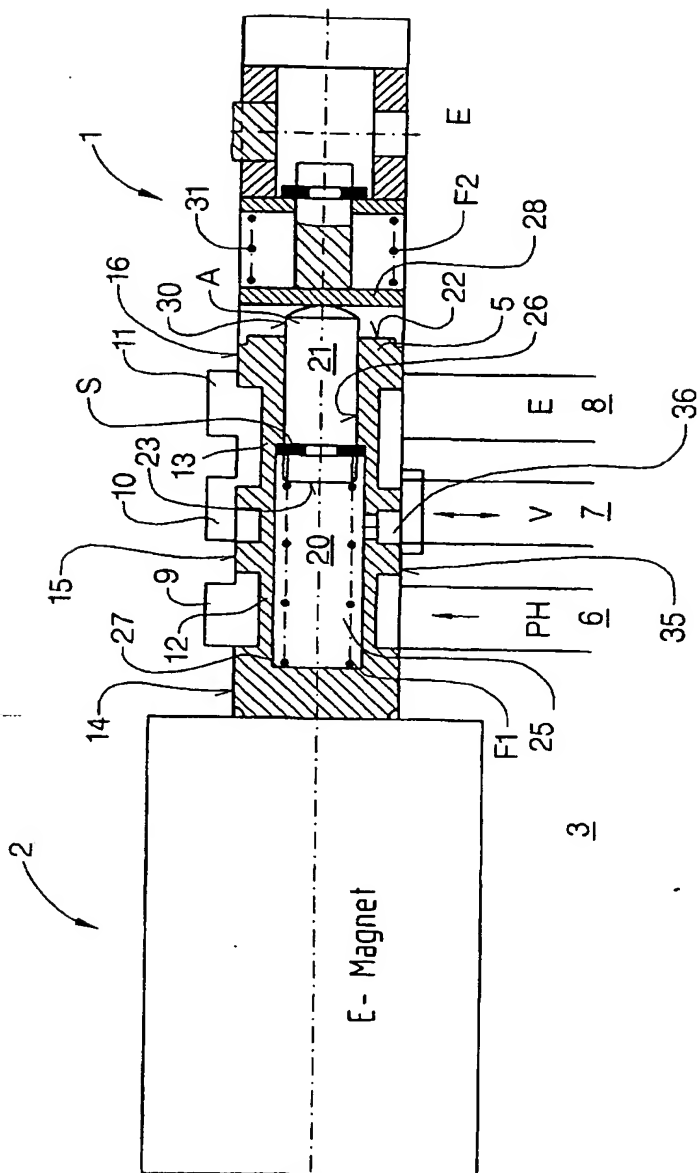
09.08.97

G 05550 GM

1/3

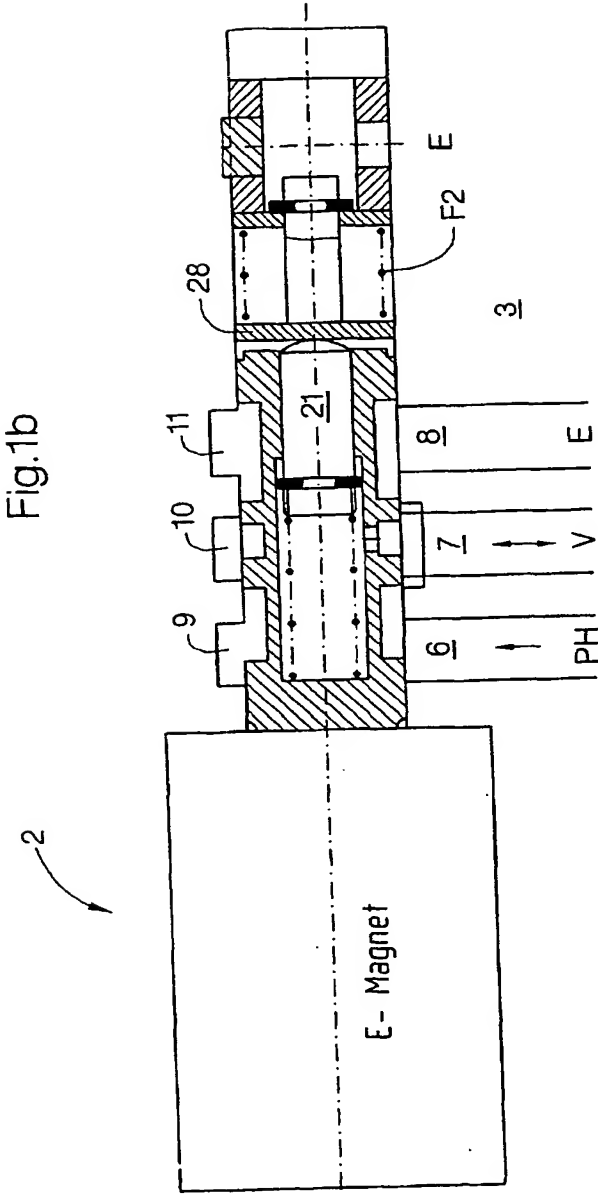
Fig.1a

Kennlinien Prop- Wegeventil



09.05.97

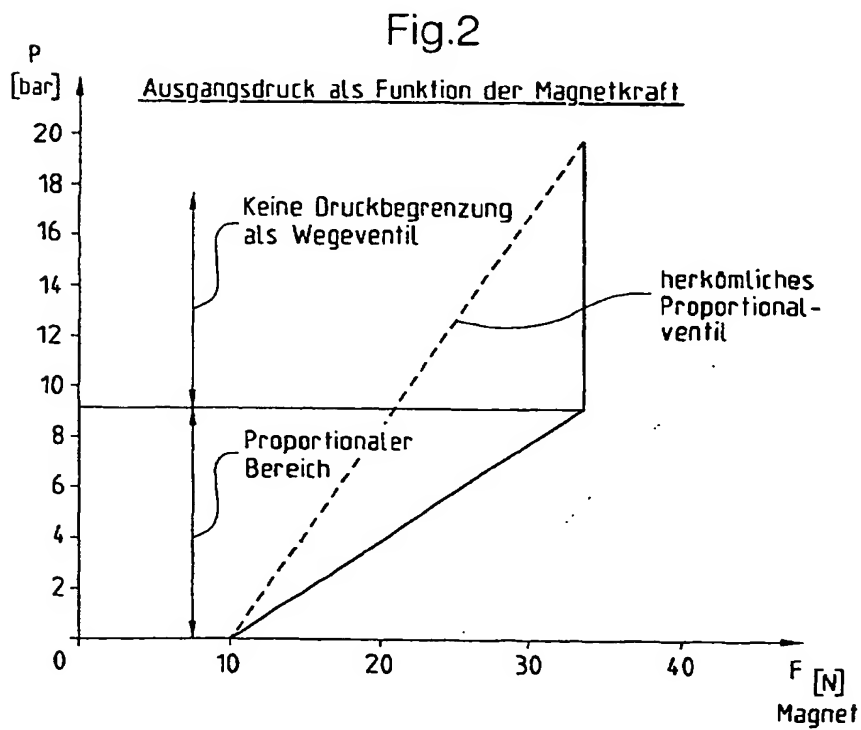
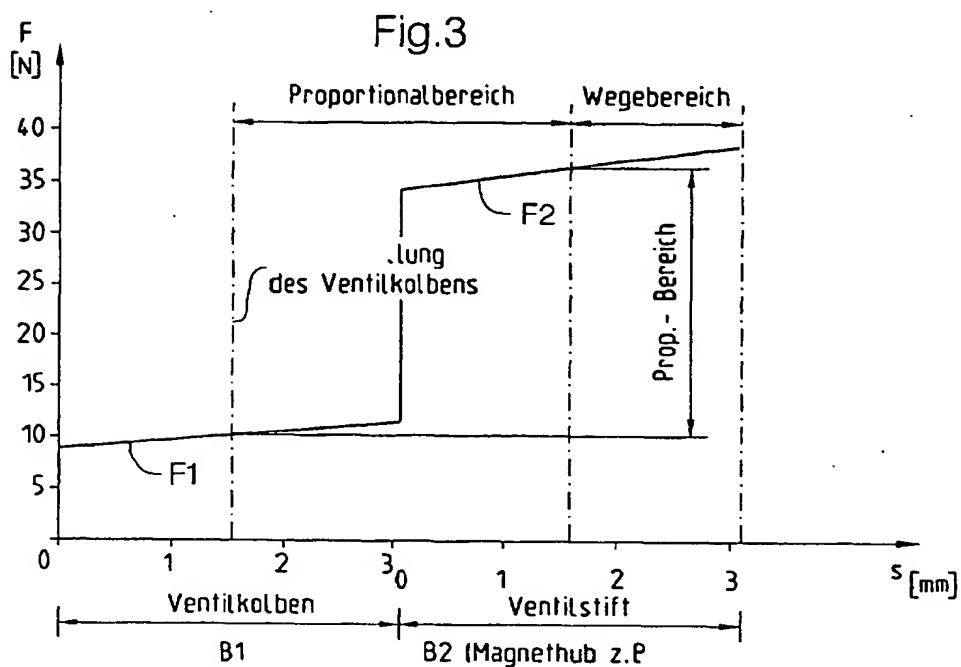
2/3





09.05.97

3/3



**THIS PAGE BLANK (USPTO,**